



Eur päisches Pat ntamt  
European Patent Office  
Office eur péen'd s brevets



Veröffentlichungsnummer: **0 642 027 A1**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: 94112813.4

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: G01R 31/06, G01R 27/18

22 Anmeldetag: 17.08.94

30 Priorität: 01.09.93 DE 4329382

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
08.03.95 Patentblatt 95/10

84 Benannte Vertragsstaaten:  
AT CH DE FR GB LI SE

71 Anmelder: **ABB Management AG**  
Haselstrasse 16  
CH-5401 Baden (CH)

72 Erfinder: **Pfiffner, Michael**  
Herenholzweg 53  
CH-8906 Bonstetten (CH)

54 Verfahren und Vorrichtung zur Erfassung von Erdfehlern auf den Leitern einer elektrischen Maschine.

57 Es wird ein Verfahren zur Erfassung von Erdfehlern auf den Leitern von elektrischen Maschinen angegeben, bei welchem Verfahren aus der injizierten (U<sub>i</sub>) und der gemessenen Spannung (U<sub>RE</sub>) in einer numerischen Auswerteeinheit (7) direkt der Fehlerwiderstand (R<sub>f</sub>) berechnet wird. Da der Fehlerwiderstand explizite berechnet und angezeigt wird, ist er unabhängig von Einflüssen der Erdreaktanz. Zudem müssen keine Kennlinien für jede Maschine aufgenommen werden, anhand welcher auf den Fehlerwiderstand geschlossen wird. Durch die numerische Berechnung ist darüberhinaus der Einfluss von Alterung, Temperaturschwankungen, Injektionspegelschwankungen etc. verschwunden.

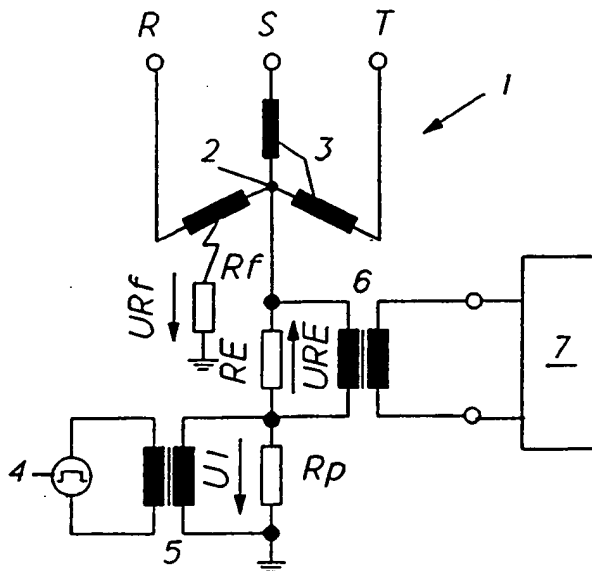


Fig. 1a

EP 0 642 027 A1

## Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Schutztechnik.

Sie geht aus von einem Verfahren zur Erfassung von Erdfehlern auf den Leitern einer elektrischen Maschine nach dem Oberbegriff des ersten Anspruchs.

## Stand der Technik

Ein solches Verfahren wird z.B. in der Gerätebeschreibung "100% Stator- und Rotor-Erdschlussschutz für grosse Generatoren GIX 104" der ABB Relays AG, Baden beschrieben. Ein verwandtes Verfahren wird in der Gerätebeschreibung "100%-iger Generator-Statorerdschluss-Schutz GIX 103" der selben Firma beschrieben.

Erdfehler treten in einer elektrischen Maschine, insbesondere in Generatoren grösserer Leistung, hauptsächlich durch mechanische Beschädigung der Isolation zwischen den Leitern und den Eisenteilen auf. Aufgrund solcher Erdfehler fliesst ein Fehlerstrom, dessen Grösse je nach der Art des Fehlers verschiedene Werte annimmt. Nach dem Ohmschen Gesetz kann daraus bei bekannter Spannung ein Fehlerwiderstand ermittelt werden, dessen Grösse zur Beurteilung des Fehlers herangezogen werden kann. Im Normalfall weist der Fehlerwiderstand Werte im Bereich von  $M\Omega$  auf, bei Fehlern kann er auf um Grössenordnungen kleinere Werte absinken.

Da der Sternpunkt in den zum Stern geschalteten Leitern z.B. des Stators eines Generators definitions-gemäss spannungslos ist, kann ein Fehler in der Nähe des Sternpunkts nur erfasst werden, wenn die Leiter gegenüber dem Erdpotential verspannt werden. Dies geschieht bei beiden bekannten Schutzzeineinrichtungen und Verfahren mittels einer niederfrequenten Spannung, welche in die Leiter eingespeist wird.

Im Betrieb fliesst ein kleiner Strom durch die Erdreaktanzen der Leiter gegen Erde. Bei einem Erdfehler werden diese Reaktanzen kurzgeschlossen, und der Strom wird grösser als im erdschlussfreien Betrieb. Beim GIX103 wird ein Injektionssignal verwendet, dessen Phasenlage unverändert bleibt. Nachteilig bei dieser Methode ist jedoch, dass die Möglichkeit besteht, dass ein über die Kapazitäten des Rotorkreises schliessender Strom der gleichen Frequenz wie diejenige der Injektionsspannung auftreten kann. Dadurch kann es zu Fehlanzeigen kommen.

Beim GIX104 versucht man dies zu vermeiden, indem die Phase der Injektionsspannung dauernd zwischen zwei Werten hin- und hergeschaltet wird. Dadurch kann ein Fehlerstrom präzise von anderen Ströme unterschieden werden.

Beiden Schutzzeineinrichtungen ist gemeinsam, dass der Fehlerwiderstand jedoch nur anhand von Erfahrungswerten, bzw. anhand aufgenommener und für jede Maschine verschiedener Kennlinien nachträglich bestimmt werden kann. Zudem wird die Messung des Fehlerstroms durch Alterung, Temperatur, Schwankungen des Injektionsspannungspegels etc. beeinflusst. Die beiden Systeme weisen zudem die bekannten Unzulänglichkeiten auf, welche analogen Systemen von Haus aus anhaften.

## Darstellung der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es deshalb, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Erfassung von Erdfehlern auf den Leitern einer elektrischen Maschine anzugeben, bei welchem die Nachteile der bekannten analogen Verfahren vermieden werden können.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art durch die Merkmale des ersten Anspruchs gelöst.

Kern der Erfindung ist es also, dass die Messsignale numerisch ausgewertet werden, d.h. aus der injizierten Spannung und der gemessenen Spannung wird in einer Auswerteeinheit der Erdfehlerwiderstand direkt berechnet.

Ein erstes Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, dass es sich bei den Leitern der elektrischen Maschine um die Statorwicklungen z.B. eines Generators handelt, welche zum Stern geschaltet sind. Das Injektionssignal verspannt den Sternpunkt der Wicklung gegenüber dem Erdpotential. Anhand der gemessenen und der injizierten Spannung kann nun der Fehlerwiderstand berechnet werden. Die Berechnung wird besonders einfach, wenn sie vektoriell in einem mit der Injektionsfrequenz rotierenden Koordinatensystem vorgenommen wird.

Ein zweites Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, dass es sich bei den Leitern um die Rotorwicklungen z.B. eines Generators handelt. Die Injektionsspannung wird in diesem Fall über zwei Koppelkapazitäten in die Leiter eingespeist. Die Berechnung des Fehlerwiderstands erfolgt wie beim ersten Ausführungsbeispiel vektoriell.

Zu diesen beiden Ausführungsbeispielen wird zudem je eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angegeben. Zur Injektion und zur Messung ist je ein Wandler vorgesehen. Das Injektionssignal wird über einen Koppelwiderstand und im Falle des Rotors zusätzlich über Koppelkondensatoren in die Leiter eingespeist. Die Messung erfolgt über einem Referenzwiderstand mittels eines Messwandlers. Für die Auswertung ist schliesslich eine numerische Auswerteeinheit vorgesehen. In dieser Auswerteeinheit wird die Berechnung des Fehlerwiderstands nach den angegebenen Formeln ausgeführt.

Weitere Ausführungsbeispiele ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Der Vorteil des erfindungsgemässen Aufbaus besteht insbesondere darin, dass der Fehlerwiderstand aus der gemessenen und der injizierten Spannung direkt berechnet werden kann. Kennlinien müssen keine mehr bestimmt werden, und der berechnete Wert ist unabhängig von der Erdreaktanz bzw. der Amplitude des Injektionssignals.

### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigen:

- Fig. 1a,b,c,d** Die prinzipielle Schaltungsanordnung für eine Erdfehler-Erfassung am Stator (a) bzw. Rotor (b) einer Drehstrommaschine;
- Fig. 2a,b** Das Zeigerdiagramm der Ströme und Spannungen beim Stator; und
- Fig. 3a,b** Die Ersatzschaltbilder bei einem Erdfehler im Stator (a) bzw. Rotor (b).

Die in den Zeichnungen verwendeten Bezugszeichen und deren Bedeutung sind in der Bezeichnungsliste zusammengefasst aufgelistet. Grundsätzlich sind in den Figuren gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

### Wege zur Ausführung der Erfindung

Im folgenden wird das erfindungsgemässe Verfahren und die Vorrichtung beispielhaft anhand einer Drehstrommaschine, insbesondere eines Generators erläutert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf Generatoren beschränkt, sondern kann für elektrische Maschinen im allgemeinen, so z.B. auch für Transformatoren verwendet werden.

**Figur 1a** zeigt die prinzipielle Schaltungsanordnung zur Erfassung von Erdfehler auf den Statorwicklungen (R,S,T) einer Drehstrommaschine. Die Statorwicklungen sind zum Stern geschaltet und werden über einen Erdungswiderstand (RE) mit dem Parallelwiderstand (Rp) geerdet. Damit Erdfehler auf der gesamten Wicklung erfasst werden können, wird der Sternpunkt der Wicklung mittels eines Injektionssignals (Ui) verspannt. Dieses Injektionssignal (Ui) wird in einer Injektionssignalquelle (4) generiert und über einen Injektionswandler (5) und einen Erdungswiderstand (RE) in den Sternpunkt (2) eingespeist. Zur Erfassung der Erdfehler wird über einem Erdungswiderstand (RE) die Spannung (URE) gemessen und über einen Messwandler (6) einer Auswerteeinheit (7) zugeführt. In der Auswerteeinheit (7) wird anhand der injizierten (Ui) und der gemessenen Spannung (URE) der Fehlerwiderstand (Rf) berechnet.

**Figur 3a** zeigt das Ersatzschaltbild der Schaltungsanordnung nach Figur 1. Die Injektionsspannung (Ui) wird als ideale Spannungsquelle dargestellt. Zwischen dem Fehlerwiderstand (Rf) und der Erdreaktanz (XE) des Stators ist der Referenzwiderstand (RE) vorhanden. Die Erdreaktanz wird aus einer Parallelschaltung einer Erdkapazität (CE) und einer Erdinduktivität (LE) gebildet. Im Normalfall weist der Fehlerwiderstand einen unendlich hohen Wert auf. Durch mechanische Fehler kann er jedoch absinken und somit Strom führen.

Die dazugehörigen Zeigerdiagramme sind in den **Figur 2a,b** dargestellt. Den nachfolgenden Ausführungen liegt eine vektorielle Betrachtungsweise in einem mit der Frequenz (f1) des Injektionssignals rotierenden Koordinatensystem zugrunde. Das heisst, es wird nur die erste Harmonische des Spektrums des Injektionssignals (Ui) betrachtet. Unterstrichene Variable bedeuten im folgenden stets Vektoren, welche mit der Frequenz (f1) rotieren.

Im Normalfall (**Figur 2a**) fliesst durch den Fehlerwiderstand kein Strom, so dass der Strom durch die Erdreaktanz (IXE) genau rechtwinklig auf die entsprechende Spannung (URf) steht. Im Falle eines Erdfehlers ist der Strom durch den Fehlerwiderstand (Rf) nicht mehr Null. Dadurch setzt sich der Gesamtstrom (IRE) aus einem reaktiven (IXE) und einem ohmschen (IRf) T il zusammen und die Spannung (URf) ändert sich dementsprechend. Es gilt nach Kirchhoff:

$$\underline{I}_{RE} = \frac{\underline{U}_{RE}}{R_E}$$

5 Der Strom ( $\underline{I}_{RE}$ ), welcher durch  $R_f$  und CE gegen Erde fliesst ist proportional zur Spannung  $\underline{U}_{RE}$ :

$$10 \quad \underline{I}_{Rf} = \frac{\underline{I}_{RE} * \underline{U}_{Rf}}{\underline{U}_{Rf}} \quad * = \text{Skalarprodukt}$$

Dieser Strom kann in zwei orthogonale Komponenten  $\underline{I}_{Rf}$  und  $\underline{I}_{RE}$  aufgeteilt werden.  $\underline{I}_{Rf}$  ist dabei parallel zu  $\underline{U}_{Rf}$ . Deshalb kann der Betrag von  $\underline{I}_{Rf}$ , d.h.  $I_{Rf}$  als Skalarprodukt des Stromes  $\underline{I}_{RE}$  und des Einheitsvektors in Richtung von  $\underline{U}_{Rf}$  berechnet werden:

$$20 \quad R_f = \frac{U_{Rf}}{I_{Rf}} = \frac{U_{Rf}^2}{(\underline{I}_{Rf} * \underline{U}_{Rf})} = R_E \frac{(\underline{U}_i - \underline{U}_{RE})^2}{\underline{U}_i * \underline{U}_{RE} - U_{RE}^2}$$

damit wird:

$$25 \quad R_f = R_E \cdot \frac{(U_{ix} - U_{REx})^2 + (U_{iy} - U_{REy})^2}{U_{ix} \cdot U_{REx} + U_{iy} \cdot U_{REy} - (U_{REx}^2 + U_{REy}^2)}$$

30 bzw. in Komponenten:

Wie man aus der Formel leicht sieht, ist der Fehlerwiderstand unabhängig von der Erdreaktanz und hängt nur von der injizierten Spannung ( $U_i$ ) und der gemessenen Spannung ( $U_{RE}$ ) ab. Damit ist es nicht mehr nötig, für jede Maschine eine separate Kennlinie aufzunehmen. Vielmehr kann obige Formel als Algorithmus für die Berechnung des Fehlerwiderstands verwendet werden. Es ist jedoch zu beachten, dass dieses Messprinzip nur funktioniert, wenn die Injektionsspannung die einzige Quelle mit der Frequenz  $f_1$  ist. Deshalb wird das System während Injektionspausen laufend auf störende  $f_1$ -Anteile getestet. Überschreiten die  $f_1$ -Anteile einen bestimmten Wert, so wird die vorherige Berechnung des Fehlerwiderstandes verworfen.

Beim Rotor sind die Verhältnisse nicht wesentlich anders. Es kommen nur unter Umständen zwei Koppelkondensatoren ( $C_{k1}$ ,  $C_{k2}$ ) hinzu. **Figur 1b** zeigt das entsprechende Schaltbild. Als Ersatzschaltbild ergibt sich die Anordnung, wie sie in **Figur 3b** dargestellt ist.

Zur Berechnung des Fehlerwiderstand kann genau gleich wie beim Stator vorgegangen werden, nur muss die Spannung  $U_{RE}$  gemäss dem Ersatzschaltbild im Zähler durch ( $U_{RE} + U_{CK}$ ) ersetzt werden:

$$45 \quad R_f = R_E \cdot \frac{(U_{ix} - U_{REx} - U_{CKx})^2 + (U_{iy} - U_{REy} - U_{CKy})^2}{U_{ix} \cdot U_{REx} + U_{iy} \cdot U_{REy} - (U_{REx}^2 + U_{REy}^2)}$$

50 Als Injektionssignal ( $U_i$ ) wird vorzugsweise eine periodische Rechteckschwingung verwendet. Falls das Injektionssignal ( $U_i$ ) zudem zyklisch unterbrochen wird und Pausen von einigen Perioden eingelegt werden, so kann vermieden werden, dass transiente Vorgänge ein irrtümliches Auslösen verursachen.

Somit umfasst das rfindungsgemässe Verfahren folgende Schritte:

- 55 - Inj ktion der Spannung  $\underline{U}_i$ ,
- Messung der Spannung  $\underline{U}_{RE}$ , beim Rotor zusätzlich  $\underline{U}_{CK}$
- Aufteilung der injizierten und gemessenen Spannung  $n$  ( $\underline{U}_i$  und  $\underline{U}_{RE}$ ,  $\underline{U}_{CK}$ ) in orthogonale Komponenten ( $U_{ix}$ ,  $U_{iy}$  bzw.  $U_{REx}$ ,  $U_{REy}$ , ev.  $U_{CKx}$ ,  $U_{CKy}$ ),

- Berechnung des Fehlerwiderstandes gemäss:

$$R_f = R_E \cdot \frac{(U_{ix} - U_{REx})^2 + (U_{iy} - U_{REy})^2}{U_{ix} \cdot U_{REx} + U_{iy} \cdot U_{REy} - (U_{REx}^2 + U_{REy}^2)}$$

bzw.

10

$$R_f = R_E \cdot \frac{(U_{ix} - U_{REx} - U_{CEx})^2 + (U_{iy} - U_{REy} - U_{CEy})^2}{U_{ix} \cdot U_{REx} + U_{iy} \cdot U_{REy} - (U_{REx}^2 + U_{REy}^2)}$$

15

Die Vorrichtungen zur Durchführung des Verfahren weisen eine Injektionssignalquelle (4) auf, welche z.B. über einen Injektionswandler (5), einen Parallelwiderstand (Rp) und einen Erdungswiderstand (RE) einerseits mit dem Sternpunkt (2) der Statorwicklungen und andererseits mit den Koppelkondensatoren (Ck1, Ck2) der Rotorwicklung verbunden ist. Über diese Anordnung wird das Injektionssignal (Ui) in die Leiter eingespeist. Parallel zum Erdungswiderstand (RE) ist zudem ein Messwandler (6) vorgesehen. Dessen Ausgang ist mit der Auswerteeinheit (7) verbunden. In der Auswerteeinheit (7) wird periodisch überprüft, ob ein Erdfehler vorhanden ist oder nicht. Dies geschieht dadurch, dass der Fehlerwiderstand (Rf) anhand obiger Formeln berechnet wird. Falls der Fehlerwiderstand eine bestimmte, frei einstellbare Schwelle unterschreitet, wird unverzüglich ein Alarmsignal aktiviert.

Das Verfahren kann aber auch für andere Arten der Einspeisung des Injektionssignals verwendet werden. So z.B. auch für die sogenannten sekundären Injektionsverfahren, wo die Erdungs- bzw. Parallelwiderstände über einen Transformator mit dem Sternpunkt verbunden werden (Figur 1c). Eine weitere Variante (Figur 1d) zeichnet sich dadurch aus, dass das Injektionssignal über einen mehrphasigen Transformator direkt in die Leiter eingespeist wird. Diese Variante wird insbesondere bei Maschinen verwendet, bei welchen der Sternpunkt nicht zugänglich ist.

Insgesamt steht also mit der Erfindung ein Verfahren zur Erdfehlererfassung zur Verfügung, bei welchem der Fehlerwiderstand laufend berechnet und direkt angezeigt werden kann, ohne dass eigens gemessene Kurven herangezogen werden müssen. Zudem ist die Fehlerwiderstandsberechnung unabhängig von der Erdreaktanz, der Höhe des Injektionspegels und allfälligen Alterungseffekten.

Mit dem erfindungsgemässen Verfahren erhält man somit einen zuverlässigeren und präziseren Erdfehlerschutz.

#### Bezeichnungsliste

40

1	Stator
2	Sternpunkt
3	Statorwicklungen
4	Injektionssignalquelle
45	5 Injektionswandler
6	Messwandler
7	Auswerteeinheit
8	Rotorwicklung
R, S, T	Statorklemmen
50	+ , - Rotorklemmen
Rf	Fehlerwiderstand
RE	Erdungswiderstand
Rp	Parallelwiderstand
CE	Erdkapazität
55	LE Erdinduktivität
XE	Erdreaktanz
Ck1, Ck2	Koppelkapazitäten
TR	Erdungstransformator

	$U_i$	Injektionsspannung
	$U_{RE}$	Messspannung
	$U_{ix}, U_{iy}$	orthogonale Komponenten von $U_i$
	$U_{REx}, U_{REy}$	orthogonale Komponenten von $U_{RE}$
5	$U_{Rf}$	Spannung an $R_f$
	$U_{Ck}$	Spannung an $Ck1$ und $Ck2$
	$I_{RE}$	Strom durch $RE$
	$I_{Rf}$	Strom durch $R_f$
	$I_{XE}$	Strom durch $XE$
10	$f_1$	Frequenz des Injektionssignals

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung von Erdfehlern auf den Leitern einer elektrischen Maschine, bei welchem
  - 15 Verfahren
    - a) die Leiter mittels eines niederfrequenten Injektionsspannungssignals ( $U_i$ ) der Frequenz  $f_1$  gegenüber dem Erdpotential verspannt werden und über einem mit den Leitern verbundenen Erdungswiderstand ( $R_E$ ) eine Messspannung ( $U_{RE}$ ) gemessen und ausgewertet wird;
    - 20 dadurch gekennzeichnet, dass
      - b) in einer mit dem Messsignal ( $U_{RE}$ ) verbundenen numerischen Auswerteeinheit (7) aus der injizierten Spannung ( $U_i$ ) und der gemessenen Spannung ( $U_{RE}$ ) numerisch ein Erdfehlerwiderstand ( $R_f$ ) berechnet und angezeigt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Leitern um die zum Stern
  - 25 geschalteten Statorwicklungen (R,S,T) handelt, und dass Verfahren die Schritte umfasst:
    - a) Injektion der Spannung  $U_i$ ,
    - b) Messung der Spannung  $U_{RE}$ ,
    - c) Aufteilung der injizierten und gemessenen Spannungen ( $U_i$  und  $U_{RE}$ ) in orthogonale Komponenten ( $U_{ix}, U_{iy}$  bzw.  $U_{REx}, U_{REy}$ ) in der Auswerteeinheit (7),
    - 30 d) Berechnung des Fehlerwiderstandes in der Auswerteeinheit (7) gemäß:

$$R_f = R_E \cdot \frac{(U_{ix} - U_{REx})^2 + (U_{iy} - U_{REy})^2}{U_{ix} \cdot U_{REx} + U_{iy} \cdot U_{REy} - (U_{REx}^2 + U_{REy}^2)}$$

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei den Leitern um Rotorwicklungen
  - 40 (8) handelt, in deren Klemmen (+, -) das Injektionssignal ( $U_i$ ) über Koppelkapazitäten ( $Ck1, Ck2$ ) eingespeist wird, und dass Verfahren die Schritte umfasst:
    - a) Injektion der Spannung  $U_i$ ,
    - b) Messung der Spannung  $U_{RE}$  und der Spannung  $U_{Ck}$  über den Koppelkapazitäten ( $Ck1, Ck2$ ),
    - c) Aufteilung der injizierten und gemessenen Spannungen ( $U_i$ ,  $U_{RE}$  und  $U_{Ck}$ ) in orthogonale Komponenten ( $U_{ix}, U_{iy}, U_{REx}, U_{REy}, U_{Ckx}, U_{Cky}$ ) in der Auswerteeinheit (7),
    - 45 d) Berechnung des Fehlerwiderstandes in der Auswerteeinheit (7) gemäß:

$$R_f = R_E \cdot \frac{(U_{ix} - U_{REx} - U_{Ckx})^2 + (U_{iy} - U_{REy} - U_{Cky})^2}{U_{ix} \cdot U_{REx} + U_{iy} \cdot U_{REy} - (U_{REx}^2 + U_{REy}^2)}$$

- 55 4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a) das Injektionssignal von einer Injektionssignalquelle (4) über einen Injektionswandler (5), einen Parallelwiderstand ( $R_p$ ) und den Erdungswiderstand ( $RE$ ) in den Sternpunkt (2) eingespeist wird;

b) parallel zum Erdungswiderstand (RE) ein Messwandler (6) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem Eingang der Auswerteeinheit (7) verbunden ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Erdungswiderstand (RE) und der Parallelwiderstand (Rp) über einen Erdungstransformator (TR) mit dem Sternpunkt (2) verbunden sind.
6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass
- a) das Injektionssignal von einer Injektionssignalquelle (4) über einen Injektionswandler (5), einen Parallelwiderstand (Rp), den Erdungswiderstand (RE) und einen Erdungstransformator (TR) in die Leiter eingespeist wird;
- b) parallel zum Erdungswiderstand (RE) ein Messwandler (6) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem Eingang der Auswerteeinheit (7) verbunden ist.
7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass
- a) das Injektionssignal von einer Injektionssignalquelle (4) über einen Injektionswandler (5), einen Parallelwiderstand (Rp), den Erdungswiderstand (RE) und zwei Koppelkondensatoren (Ck1, Ck2) in die Rotorklemmen (+, -) eingespeist wird;
- b) parallel zum Erdungswiderstand (RE) ein Messwandler (6) vorgesehen ist, dessen Ausgang mit dem Eingang der Auswerteeinheit (7) verbunden ist.

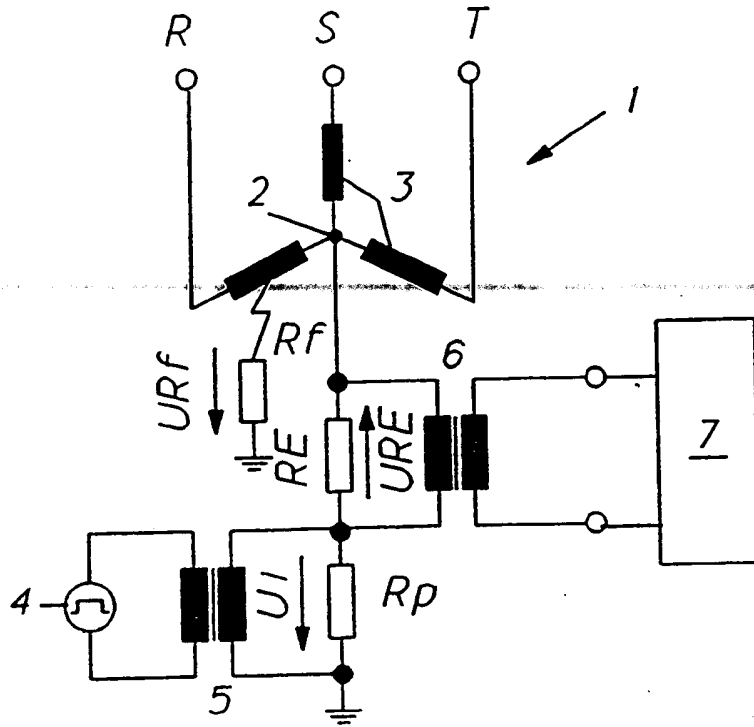
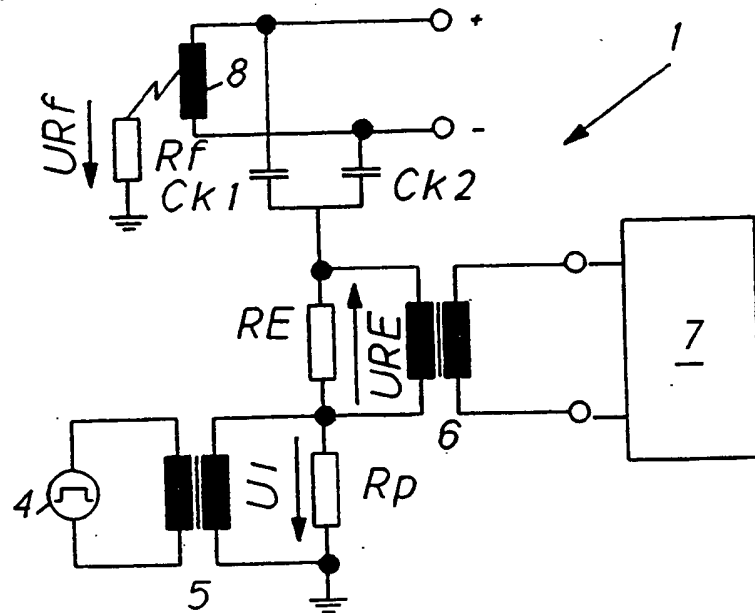


Fig. 1a



*Fig. 1b*



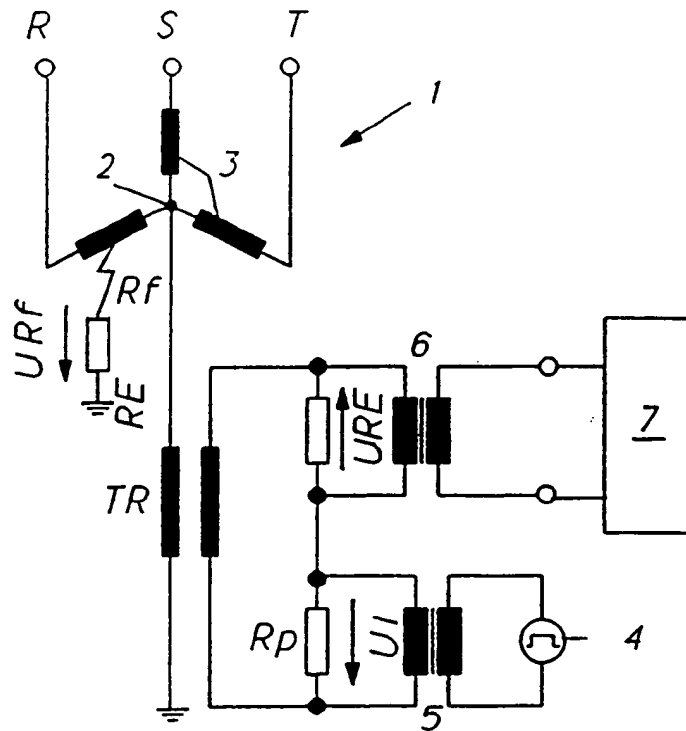


Fig. 1c

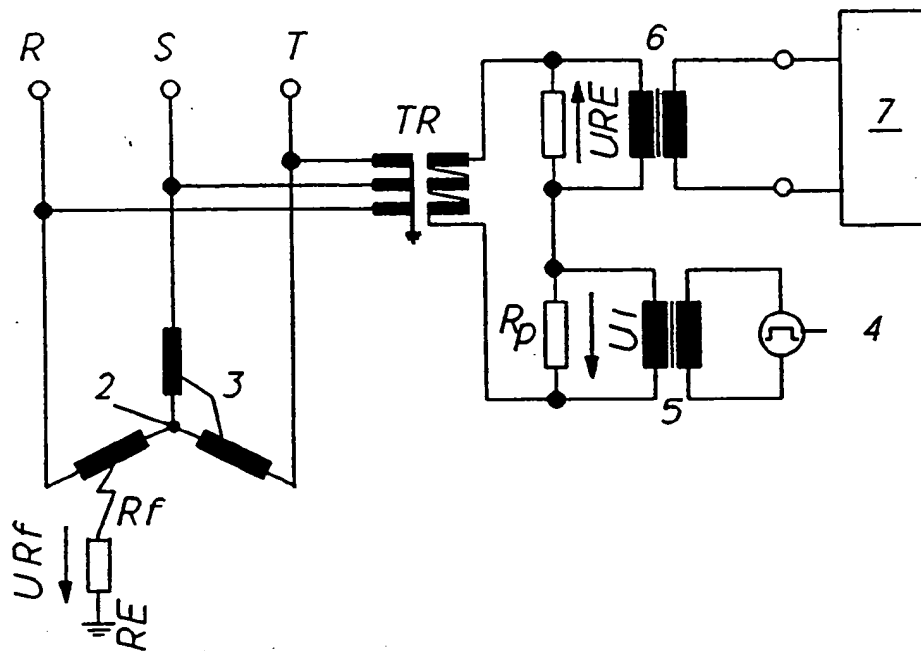
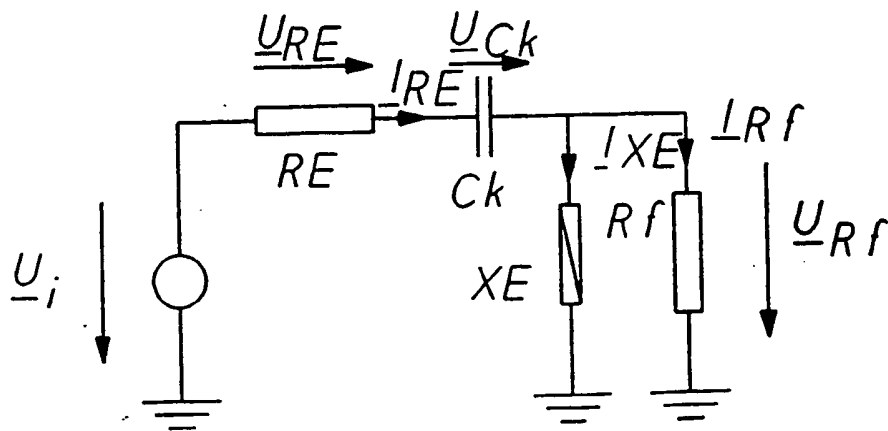
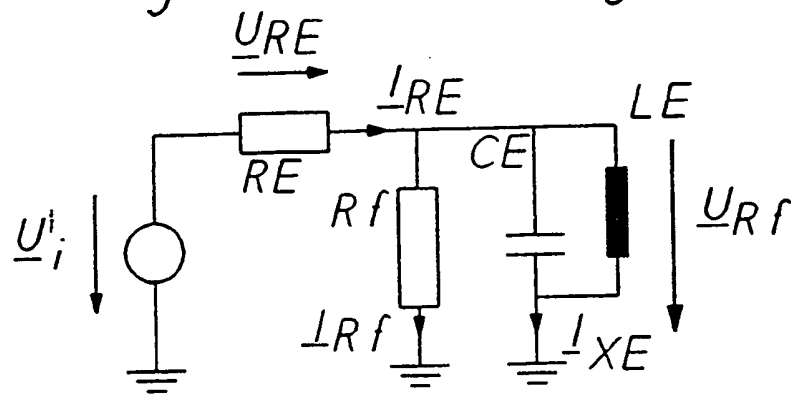
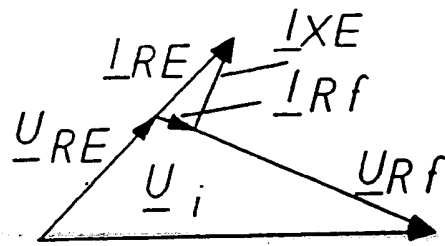
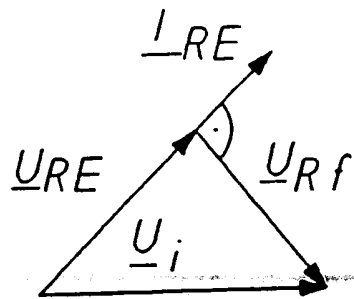


Fig. 1d





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 94 11 2813

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
Y A	EP-A-0 131 718 (BROWN, BOVERI & CIE) * Seite 3, Zeile 9 - Zeile 30; Anspruch 6; Abbildung 1 *	1 3,6,7	G01R31/06 G01R27/18
Y	EP-A-0 274 691 (HITACHI) * Spalte 3, Zeile 1 - Zeile 27; Abbildung 1 *	1	
A	EP-A-0 518 785 (MERLIN GERIN) * Spalte 1, Zeile 12 - Zeile 57; Abbildung 1 *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			G01R
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchant DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 7. Dezember 1994	Erfinder IWANSSON, K
<b>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE</b>			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		I : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**